

на кристаллических решетках поверхностного слоя металла, благодаря чему в местах контакта вместо трения «метал-метал» работает пара «керамика-керамика».

Термодинамические процессы, которые происходят в зонах трения, способствуют наращиванию значительного слоя металлокерамики в местах наибольшего износа металла [4]. Этот процесс постепенно стабилизируется, приближаясь до оптимального значения зазора между третьими поверхностями по всей площади пятна контакта.

Таким образом, применение новых технологий обработки поможет увеличить ресурс работы подвижного состава МЕТ.

1. Энергоэкономия – приоритетное направление государственной политики Украины / Ковалко М.П., Денисюк В.П. / Ответ. ред. Шидловский А.К. – К.: УЕЗ, 1998. – 506 с.

2. Котельников А. В. Блуждающие токи электрифицированного транспорта – М.: Транспорт, 1986. – 279 с.

3. Игнатьев Р. А., Михайлова А. А. Защита техники от коррозии, старения и повреждений: Справочник. – М., 1987. – 364 с.

4. Войтов В. А. О расположении материалов в парах трения по твердости и конструктивных способах повышения износостойкости // Трение и износ. – 1994. – Т.15. – С.452-460.

Отримано 17.02.2003

УДК 656.13.08.008

И.П.КАРДАШ, В.К.ДОЛЯ, д-р техн. наук

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

СИСТЕМНАЯ МОДЕЛЬ КООРДИНИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ

Рассматривается применение разработанной системной модели координированного управления для алгоритма управления транспортными потоками. Описывается решение оптимизационной задачи временных транспортных задержек.

Одним из способов управления транспортными потоками является применение системы координированного управления дорожным движением на магистралях города («Зеленая волна»), которая позволяет уменьшить количество остановок транспортных средств и транспортных задержек.

Эффективность функционирования автоматизированной системы управления движением (АСУД) зависит от ее математического, программного и технического обеспечения. В настоящее время основными техническими средствами АСУД являются светофорные устройства (ГОСТ 23457-86) и контролеры типа ДКМ – Дорожный контролер модернизированный (выпуска 80-х годов прошлого столетия), которые определяют режим работы светофоров. Использование таких мо-

рально и технически устаревших технических средств не позволяет внедрить функционирование системы управления в реальном масштабе времени (гибкое управление). Отсутствие детекторов транспорта как первичных датчиков сенсоров не дает возможности отследить непрерывные изменения интенсивностей транспортных потоков, что в целом исключает осуществление принципов гибкого управления движением.

Определение таких управляющих параметров АСУД, как рекомендуемая скорость движения и сдвиг фаз светофорного регулирования на магистральных перекрестках, осуществляется вручную графоаналитическим методом по данным, полученным путем натурных наблюдений на улично-дорожной сети города. Проведение замеров потоков насыщения имеет случайный характер, что усложняет, а, возможно, и полностью нейтрализует процесс координации управления движением.

Возникла необходимость усовершенствования структуры АСУД и автоматизации процесса получения управляющих параметров, для чего следует разработать математическое и программное обеспечение АСУД.

Системный анализ имеет особенно важное значение при создании и освоении сложных человеко-машинных систем. Сложность и динамичность современных транспортных потоков обуславливает применение основ системного анализа для изучения их поведения, а также их взаимодействия с элементами внешней среды и определения параметров оптимального режима функционирования дорожного движения.

Системная модель координированного управления транспортными потоками обеспечивает совместное изучение процессов, происходящих в объекте, их особенностей и проявлений во взаимосвязи, определяемой внутренними закономерностями объекта (принцип координации, входные параметры) и погрешностями на уровне технологической неточности (инженерно-интуитивный подход в графоаналитическом методе построения графика координации системы управления), внешними возмущениями в процессе функционирования, а также целенаправленными управляющими воздействиями, которыми являются сдвиг фаз включения светофорных устройств на магистрали – φ и скорость движения автотранспортных средств по магистрали – V . Построение модели означает органическое объединение в единый алгоритм отдельных частных моделей, чему при исследовании физических процессов при координированном управлении способствует

методика, положенная в основу построения графика координации [1]. Структурные связи частных моделей позволяют учесть в общем алгоритме реальные взаимосвязи и повысить достоверность описания объекта управления – транспортных потоков. Комплексность модели, обобщенный характер частных моделей и их трансформируемость делают универсальным их использование при одновременном учете особенностей объекта управления и конкретных задач, решаемых на различных этапах проектирования [2].

Предлагаемая системная модель управления транспортными потоками включает в себя универсальные детерминированные модели расчета основных параметров координированного управления (t_u, φ, V) , блоки настройки исходных моделей и стохастические модели, оценивающие характер транспортного потока, а также блок оптимизационных расчетов временных задержек на магистрали $(t_3 \rightarrow \min)$. Представленная в виде комплекса, системная математическая модель координированного управления транспортными потоками является гибким инструментом, который позволяет реализовать комплексное описание процесса координированного управления в алгоритм управления.

Устанавливая строгие связи между параметрами объекта и процесса управления в целом как системы, при заданном входном параметре – интенсивности транспортного потока (N_{II}) , предлагаемая модель представляет собой способ системного решения проблемы координированного управления как по своей структуре и содержанию (учет совокупности взаимосвязанных влияющих процессов на функционирование АСУД), так и по возможности применения на практике организации движения по магистрали. В практической постановке задачи разработки АСУД не всегда требуется полное комплексное описание координированного управления, а могут быть реализованы части из совокупности моделей. Некоторые задачи управления можно решать на уровне отдельных частных моделей.

Методы оптимизации, применяемые в системной модели, должны отвечать ряду общих требований, среди которых необходимо выделить их способность находить приближение к глобальному экстремуму функции цели в условиях действия ограничений, приемлемость затрат на решение практических задач, простоту реализации методов в виде алгоритмов и программ.

Классические и аналитические методы оптимизации, основанные на применении средств дифференциального и вариационного ис-

числений для достижения экстремума цели, позволяют определить лишь необходимые признаки относительного или локального экстремума. Применение классических методов возможно только при условии дифференцируемости указанной функции.

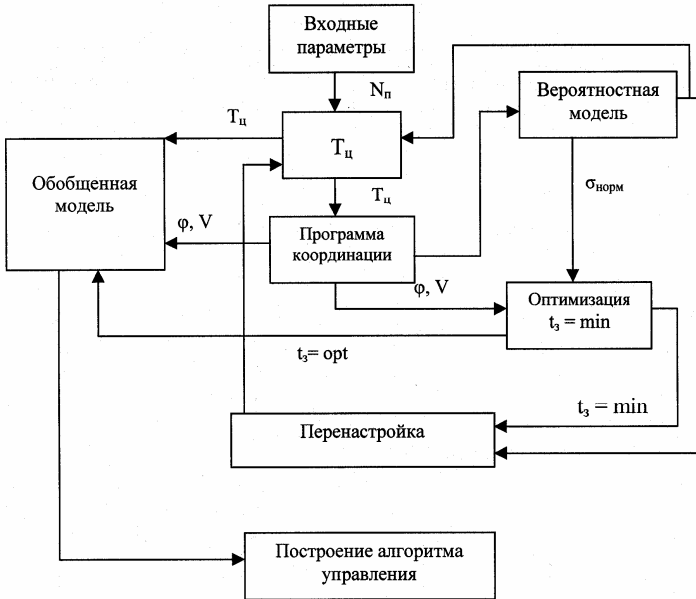


Рис. 1 – Общая структура системной модели координированного управления транспортными потоками

Известно, что в точке экстремума все частные производные функции обращаются в нуль:

$$\partial Q / \partial x_i = 0, \quad i = 1, \dots, n. \quad (1)$$

Это условие справедливо не только для точек экстремума, но и для точек прогиба. Вся совокупность точек пространства параметров, удовлетворяющая условию (1), проявляется стационарными точками, поэтому при решении задачи классическими методами необходимо определить все стационарные точки, а затем выделить из них точку глобального экстремума функции цели.

Проблематичным представляется применение аналитических методов нахождения условных экстремумов функции цели, что характерно для реальных задач оптимизации параметров транспортных потоков при наличии многочисленных ограничений. Ограничения, на-

кладываемые на область определения функции цели, приводят к несовпадению необходимых условий для определения точек экстремума.

В задачах с ограничениями классический подход рекомендует отдельно рассматривать области допустимых значений параметров, однако, в настоящее время не существует общих методов исследования граничных точек экстремума. В результате описанные выше причины приводят к ограниченному применению аналитических методов для решения задач оптимизации управления транспортными потоками. Наибольшее распространение в решении этих задач получили методы поиска [3]. Сущность их состоит в организации движения изображения точки, соответствующей варианту проекции в пространстве параметров x_1, \dots, x_n , в результате чего достигается приближение к экстремуму функции цели. На рис.2 приведена классификация методов нелинейного программирования по способу поиска.

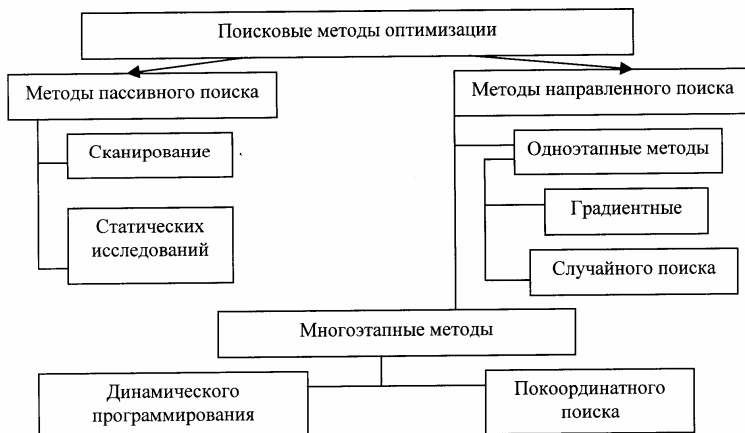


Рис.2 – Классификация поисковых методов

Методы поиска – это численные методы, позволяющие определить только некоторое приближение к экстремуму функции цели и решающие задачу с определенной степенью точности, достижение которой представляет собой условие окончания поиска.

Пассивный поиск строится на равномерном просмотре определенного количества вариантов проекта, принадлежащего непосредственно заданной области в пространстве параметров оптимизации. При этом никак не учитывается информация о результатах, получаемых на предыдущих шагах поиска. Сущность методов направленного поиска состоит в выборе направления движения из каждой определенной точ-

ки в пространстве параметров таким образом, чтобы при этом улучшились результаты, полученные на предыдущих шагах. Поиск продолжается до тех пор, пока удастся улучшать значения функции цели. Чтобы поиск был конечным, необходимо задавать требования к точности определения экстремума целевой функции в пространстве параметров. В одноэтапных методах направленного поиска изображающая точка получается посредством одновременного изменения всех параметров x_i ($i = 1, \dots, n$). В многоэтапных методах каждый шаг поиска осуществляется изменением одного или нескольких параметров из числа n . К таковым относится группа методов покоординатного поиска, основанных на использовании одномерного экстремума Q по каждому параметру x_i и метод динамического программирования, в соответствии с которым функция цели разбивается на составляющие, которые последовательно оптимизируются на различных этапах расчета, чем и достигается решение задачи оптимизации в целом.

Таким образом, созданная системная модель координированного управления транспортными потоками позволяет моделировать особенности процесса управления и объекта управления с формированием ограничений на их основные параметры. Данный подход позволяет «провести испытания готовой продукции» на стадии проектирования, оценить эффективность управления транспортными потоками по показателю минимальных временных задержек автотранспортных средств на магистрали, что в настоящее время осуществляется методом «плавающего автомобиля» после внедрения автоматизированной системы управления. Это дает возможность количественного подхода к формированию системы ограничений на входные параметры и качественного подхода к формированию научно обоснованных рекомендаций, обеспечивающих оптимальные решения в области координированного управления, тогда как в настоящее время все расчеты проводятся на основе интуиции и опыта.

1.Кременец Ю.А., Печерский М.П. Технические средства регулирования дорожного движения. – М.: Транспорт, 1981.

2.Стабин И.П., Моисеева В.С. Автоматизированный системный анализ. – М.: Машиностроение, 1984.

3.Моисеев Н.Н., Иванилов Ю.И., Столярова Е.М. Методы оптимизации. – М.: Наука, 1978.

Получено 13.02.2003